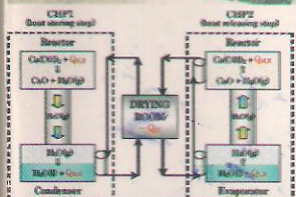
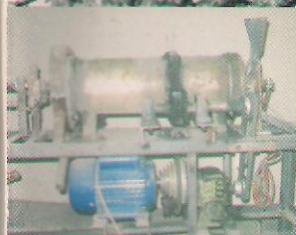
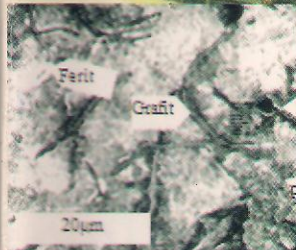


# GEMA TEKNIK

## MAJALAH ILMIAH TEKNIK

Nomor Akreditasi: 39/DIKTI/Kep/2004



### KINETIKA REAKSI HIDROLISIS PATI BIJI NANGKA

Endang Kwartiningsih, Gita Sonya M, Titis Purnomo W

### MODEL PENETRASI HIGBIE PADA ABSORPSI OKSIGEN DALAM EMULSI BUTYL-CYCLOPROPANE-AIR

Endang Mastuti W, Bregas Siswahyono T. S.

### PENJERNIHAN WARNA MINYAK GORENG CURAH KOTA SOLO DENGAN ADSORPSI MENGGUNAKAN ZEOLIT Muljadi

### ENERGI ALTERNATIF DALAM PROSES PENGERINGAN KOMODITAS PERTANIAN

Budi Kristiawan

### HUBUNGAN VARIASI JENIS PASIR CETAK PADA PROSES PENGECORAN TERHADAP SIFAT FISIS BESI COR KELABU

Dody Ariawan, Wijang Wisnu Raharjo, Saiful Azzam

### STUDI KOMPARATIF METODE BISECTION DAN METODE SECANT DALAM PENYELESAIAN PERSAMAAN SECARA NUMERIK

Purwadi Joko Widodo, R. Hari Setyanto, Irfan Iftadi

### ANALISIS KINERJA BUS MALAM PO. ROSALIA INDAH BERDASARKAN ATRIBUT-ATRIBUT KUALITAS JASA MENURUT PENILAIAN KONSUMEN

Fakhrina Fahma, I Wayan Suletra, Ahmad Bahauddin

### PENERAPAN SMED DAN PERBAIKAN PROSEDUR KERJA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PRODUKSI

Rahmaniyah Dwi Astuty

### ANALISIS SUMBER PENYEBAB KECACATAN KAIN GREY JENIS CSM DI DEPARTEMEN WEAVING I PT. KUSUMAHADI SANTOSA

I Wayan Suletra, Fakhrina Fahma

### KARAKTERISTIK PERMUKIMAN DAN MASYARAKAT SANGKRAH (Lingkungan II: RW IV, V dan VI)

Murtanti Jani Rahayu

### KAJIAN EKSPRESI FORMAL BANGUNAN PADA GEREJA KARYA MANGUNWIJAYA

Ummul Mustaqimah

### MODEL PEMBERDAYAAN POTENSI KAWASAN SEBAGAI UPAYA MEMBENTUK KONDISI SINERGIS BANGUNAN CAGAR BUDAYA DENGAN ZONA SEKITARNYA MENUJU BENTUK KONSERVASI MANDIRI DI NEGARA BERKEMBANG

UJI KASUS KAWASAN ISTANA MANGKUNEGARAN SURAKARTA

Bambang Triatma

### POTENSI DAUN JENDELA DALAM PENGKONDISIAN UDARA RUANG DI SIANG HARI

STUDI KASUS GEDUNG HATAPRAJA PURA MANGKUNEGARAN SURAKARTA

Yosafat Winarto

### TIPOLOGI MEDIA IKLAN LUAR RUANG DI SURAKARTA

A.M. Nizar Alfian Hasan, Hardiyati

### PENERJEMAHAN BUKU TEKS DI BIDANG TEKNIK SIPIL

A.P. Sudarno

### ANALISIS KELAYAKAN PENGADAAN AIR BERSIH DENGAN PROSES DESALINASI DI PULAU PRAMUKA

Siti Qomariyah, Hemawan Sunanto

### PERAMALAN MUKA AIR PUNCAK PASANG DI MUARA SUNGAI MENGGUNAKAN METODE GABUNGAN TRANSFORMASI WAVELET -JARINGAN SYARAF TIRUAN

Imam Suprayogi, Nadjadji Anwar, Edijatno, M. Isa Irawan

### ABU AMPAS TEBU SEBAGAI POZOLAN PADA BETON

FX. Nurwadi Wibowo, John Tri Hatmoko, Haryanto Yoso Wigroho

### DIAGRAM INTERAKSI KOLOM BETON SEGIEMPAT UNIAKSIAL BERDASARKAN SK-SNI T-15 1991-03

Haryanto Yoso Wigroho, Sunarmasto

### ANALISIS KARAKTERISTIK HUJAN DAN KEMIRINGAN LAHAN TERHADAP HIDROGRAF LIMPASAN PERMUKAAN

Susilowati, Pramudito Kuntoro



FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA



# **GEMA TEKNIK**

## **MAJALAH ILMIAH TEKNIK**

**Penanggungjawab :**

Ir. Sumaryoto, MT

**Koordinator :**

Ir. Budi Utomo, MT

**Ketua Penyunting :**

Kusno Adi Sambowo, ST, Ph.D

**Wakil Ketua Penyunting :**

Ir. Winny Astuti MSc., Ph.D

**Sekretaris :**

Purwadi Joko Widodo, ST, M.Kom

**Bendahara :**

Azizah Aisyati, ST, MT

**Penyunting Pelaksana :**

Ir. Sulastoro R I, Msi

Yosafat Winarto, ST, MT

Fahrina Fahma, STP, MT

Tri Istanto, ST, MT

Ir. Endah Retno, MT

**Penyunting Ahli :**

Ir. Eko Budi Santoso, M.Eng PhD

Ir. Bambang Triratma, MT

Ir. Susy Susmartini, MSIP

Ir. Santosa, MSc.

Ir. Soedwiwahyono, MT

Ir. Paryanto, MS

Ir. Rizon Pamardi Utomo, MURP

S. Adi Kristiawan, ST, MSc., Ph.D

Dr. Ir. Sobriyah, MS

Ir. Ari Setiawan, MSc., Ph.D

Kuncoro Dihadjo, ST, MT

**Mitra Bestari :**

Prof. Dr. Ir. H. Isa S. Toha, Msc (Institut Teknologi Bandung)

Dr. Ing. Kusnanto (Universitas Gadjah Mada)

Prof. Dr. Ir. Djunaedi, MURP (Universitas Gadjah Mada)

Ir. Yosef Priyotomo, M.Ars (Institut Sepuluh November Surabaya)

Prof. Ir. Mohamad Sahari Besari, MSc, Ph.D (Institut Teknologi Bandung)

**Pelaksana Tata Usaha :**

Sunardi, Ruqoiyah, Agus Kusmanto, Sumijati, Sunarto

**Alamat Sekretariat :** Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret - Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126  
Telp. (0271) 647069 - Fax. (0271) 662118 - e-mail: [gemateknik@ft.uns.ac.id](mailto:gemateknik@ft.uns.ac.id)

NOMOR 1/ TAHUN IX JANUARI 2006

ISSN 0854-2279

# GEMA TEKNIK

## MAJALAH ILMIAH TEKNIK



Diterbitkan oleh :

**Fakultas Teknik**  
**Universitas Sebelas Maret**



## GEMA TEKNIK

### MAJALAH ILMIAH TEKNIK

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b>	<b>i</b>
<b>EDITORIAL</b>	<b>ii</b>
Ketua Penyunting	
<b>KINETIKA REAKSI HIDROLISIS PATI BIJI NANGKA</b>	<b>1-7</b>
Endang Kwartiningsih, Gita Sonya M, Titis Purnomo W	
<b>MODEL PENETRASI HIGBIE PADA ABSORPSI OKSIGEN DALAM EMULSI BUTYL-CYCLOPROPANE – AIR</b>	<b>8-14</b>
Endang Mastuti W, Bregas Siswahyono T. S.	
<b>PENJERNIHAN WARNA MINYAK GORENG CURAH KOTA SOLO DENGAN ADSORPSI MENGGUNAKAN ZEOLIT</b>	<b>15-23</b>
Muljadi	
<b>ENERGI ALTERNATIF DALAM PROSES PENGERINGAN KOMODITAS PERTANIAN</b>	<b>24-27</b>
Budi Kristiawan	
<b>HUBUNGAN VARIASI JENIS PASIR CETAK PADA PROSES PENGECORAN TERHADAP SIFAT FISIS BESI COR KELABU</b>	<b>28-32</b>
Dody Ariawan, Wijang Wisnu Raharjo, Saiful Azzam	
<b>STUDI KOMPARATIF METODE BISECTION DAN METODE SECANT DALAM PENYELESAIAN PERSAMAAN SECARA NUMERIK</b>	<b>33-37</b>
Purwadi Joko Widodo, R. Hari Setyanto, Irfan Iftadi	
<b>ANALISIS KINERJA BUS MALAM PO. ROSALIA INDAH BERDASARKAN ATRIBUT-ATRIBUT KUALITAS JASA MENURUT PENILAIAN KONSUMEN</b>	<b>38-46</b>
Fakhrina Fahma, I Wayan Suletra, Ahmad Bahauddin	
<b>PENERAPAN SMED DAN PERBAIKAN PROSEDUR KERJA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PRODUKSI</b>	<b>47-53</b>
Rahmaniyah Dwi Astuty	
<b>ANALISIS SUMBER PENYEBAB KECACATAN KAIN GREY JENIS CSM DI DEPARTEMEN WEAVING I PT. KUSUMAHADI SANTOSA</b>	<b>54-63</b>
I Wayan Suletra, Fakhrina Fahma	



## GEMA TEKNIK

### MAJALAH ILMIAH TEKNIK

<b>KARAKTERISTIK PERMUKIMAN DAN MASYARAKAT SANGKRAH (Lingkungan II: RW IV, V dan VI)</b> Murtanti Jani Rahayu	64-70
<b>KAJIAN EKSPRESI FORMAL BANGUNAN PADA GEREJA KARYA MANGUNWIJAYA</b> Ummul Mustaqimah	71-78
<b>MODEL PEMBERDAYAAN POTENSI KAWASAN SEBAGAI UPAYA MEMBENTUK KONDISI SINERGIS BANGUNAN CAGAR BUDAYA DENGAN ZONA SEKITARNYA MENUJU BENTUK KONSERVASI MANDIRI DI NEGARA BERKEMBANG UJI KASUS KAWASAN ISTANA MANGKUNEGARAN SURAKARTA</b> Bambang Triratma	80-86
<b>POTENSI DAUN JENDELA DALAM PENGKONDISIAN UDARA RUANG DI SIANG HARI STUDI KASUS GEDUNG HATAPRAJA PURA MANGKUNEGARAN SURAKARTA</b> Yosafat Winarto	88-91
<b>TIPOLOGI MEDIA IKLAN LUAR RUANG DI SURAKARTA</b> A.M. Nizar Alfian Hasan, Hardiyati	94-98
<b>PENERJEMAHAN BUKU TEKS DI BIDANG TEKNIK SIPIL</b> A.P. Sudarno	101-104
<b>ANALISIS KELAYAKAN PENGADAAN AIR BERSIH DENGAN PROSES DESALINASI DI PULAU PRAMUKA</b> Siti Qomariyah, Hernawan Sunanto	105-111
<b>PERAMALAN MUKA AIR PUNCAK PASANG DI MUARA SUNGAI MENGGUNAKAN METODE GABUNGAN TRANSFORMASI WAVELET - JARINGAN SYARAF TIRUAN</b> Imam Suprayogi, Nadjadji Anwar, Edijatno, M. Isa Irawan	112-122
<b>ABU AMPAS TEBU SEBAGAI POZOLAN PADA BETON</b> FX. Nurwadji Wibowo, John Tri Hatmoko, Haryanto Yoso Wigroho	123-139
<b>DIAGRAM INTERAKSI KOLOM BETON SEGIEMPAT UNIAKSIAL BERDASARKAN SK-SNI T-15 1991-03</b> Haryanto Yoso Wigroho, Sunarmasto	140-155
<b>ANALISIS KARAKTERISTIK HUJAN DAN KEMIRINGAN LAHAN TERHADAP HIDROGRAF LIMPASAN PERMUKAAN</b> Susilowati, Pramudityo Kuntoro	156-165



## Editorial

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Para pembaca yang terhormat,

Implementasi riset-riset dari Lembaga-lembaga penelitian baik di perguruan tinggi maupun instansi pemerintah dan swasta sering mengalami kebuntuan. Kebuntuan transfer teknologi/penemuan dalam penelitian sering dikenal sebagai fenomena lembah kematian atau disebut *valley of death* yang digambarkan seperti sungai tanpa jembatan. Tidak ada penghubung antara hasil penelitian di daratan yang satu dengan kebutuhan industri di daratan seberangnya. Suatu keadaan dimana fisibilitas investasi dan pembiayaan investasi menjadi inovasi radikal berbasis teknologi menghadapi resiko paling tinggi karena kompleksitas dan ketidakpastiannya. Salah satu penyebabnya karena kurangnya jiwa entrepreneurship pada para pakar peneliti atau tidak ada wahana komunikasi antara pakar peneliti dengan produsen atau konsumen baik langsung maupun lewat pihak ketiga. Sebenarnya alat komunikasi tersebut banyak dan bervariasi, mulai dari publikasi ilmiah di seminar, konferensi atau jurnal sampai pada pelatihan-pelatihan dan workshop dengan melibatkan semua unsur yang terkait dengan proses transfer teknologi/hasil penelitian yang dihasilkan.

Berkaitan dengan itu, pengurus majalah ilmiah Gema Teknik berusaha untuk berperan serta menjadi alat dalam penyebaran informasi penelitian dan penemuan serta alat komunikasi antara para peneliti dengan dunia industri. Peran Dosen atau peneliti melalui implementasi skema tri darma perguruan tinggi yang terpadu dan terukur merupakan bentuk inisiasi yang tepat dalam rangka mencapai peran dalam transfer teknologi ke masyarakat pengguna. Kami berharap tulisan-tulisan dalam edisi ini dan berikutnya merupakan kajian-kajian ilmiah keteknikan dan akan lebih berbobot lagi apabila merupakan jawaban-jawaban dari problema yang sedang dihadapi masyarakat dewasa ini. Kajian-kajian seperti itulah yang kami tunggu demi peningkatan kualitas Majalah Ilmiah GEMA TEKNIK yang kita cintai bersama.

Terimakasih atas perhatian dan kerjasamanya.

Wassalamu'alaikum-Wr. Wb.

Ketua Penyunting



## ABU AMPAS TEBU SEBAGAI POZOLAN PADA BETON

FX. Nurwadi Wibowo<sup>1</sup>

John Tri Hatmoko<sup>1</sup>

Haryanto Yoso Wigroho<sup>1</sup>

*Abstract: The waste of baggase ash coming from the process of producing sugar on sugar factories in Indonesia has not been efectively used. Due to the huge amount of baggase ash, it is required to be spesifically used it in order to get high economic values and not to make environmentally polluted area. One of the benefit to use baggase ash is to proceed it to be the pozzolan that is required as additive material of high strength concrete. To produce the baggase ash to be the pozzolan, it is required to make burning and refining equipment.*

*The burning and refining equipment that had been created in the first year of the research are modified to make their performance better. Those modified equipment are, then used to produce the pozzolan of baggase ash taken from Madu Kismo Yogyakarta sugar factory. This research succeeds to modify the revolving part and the nicelin-wires of the burning equipment, so that the process of producing pozzolan could be effective and efficient. At the temperatur of 600<sup>o</sup> C and five-minute duration of burning process, it is obtained the best chemical content with 78.92% total amount of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.*

*To get the high strength concrete, this research uses the ACI code. To make 0,005 m<sup>3</sup> high strength concrete is required : 30.40 kg of PC : 28.86 kg of sand : 52.53 kg of gravel and : 11.26 kg of water. The mixed-design succeeds to make the compressive strenght of concrete as high as 42 Mpa. Replacement a part of PC by baggase-ash-pozzolan is better compared to the substitution by sica-fume. The best composition is obtained by 15% substitution of pozzolan; however it is still required to revise the burning and refining equipment to make their performance better and more efficient. Furthermore, it should be made the industrial scale of equipment in order to get the real production.*

**Key words :** baggase ash, pozzolan, concrete.

### 1. PENDAHULUAN

Beton bertulang dewasa ini makin banyak digunakan sebagai bahan konstruksi untuk membuat bangunan gedung, jembatan, dermaga, dam dan lain sebagainya. Hal ini disebabkan beton memiliki kemampuan mendukung tegangan desak yang cukup tinggi, dan harganya relatif murah dibandingkan dengan kekuatan yang diperoleh. Disamping itu, bahan beton mudah dibentuk sesuai dengan keinginan, sehingga penggunaan bahan menjadi fleksibel. Beton tersusun dari material semen portland, pasir dan agregat kasar. Semen

portland merupakan bahan pengikat yang baik, sehingga selain untuk konstruksi beton juga banyak digunakan untuk pasangan batu kali, batu merah, plesteran dan lain sebagainya. Meskipun demikian, akhir-akhir ini harga semen portland dan harga baja tulangan semakin mahal, yang berakibat pada mahalanya harga bangunan. Oleh sebab itu, perlu dicari bahan alternatif untuk menggantikan atau mengurangi penggunaan semen dan baja tulangan. Salah satunya adalah dengan meningkatkan mutu beton sehingga memiliki kuat desak yang tinggi. Pada konstruksi gedung

<sup>1</sup> Staf pengajar di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta



bertingkat banyak, jembatan bentang panjang dan struktur berat lainnya diperlukan massa bangunan total yang relatif ringan sehingga gaya inersia akibat beban gempa dapat direduksi. Supaya hal tersebut dapat tercapai diperlukan teknologi untuk membuat beton mutu tinggi, sehingga ukuran komponen struktur menjadi lebih kecil, yang berarti berat sendirinya lebih ringan, tetapi masih tetap kuat. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan pozolan pada adukan beton, yang selain mengisi rongga-rongga pada beton, juga akan mengubah bagian beton yang lemah menjadi lebih kuat. Disamping itu, juga akan mengurangi penggunaan semen portland pada adukan beton.

Syarat utama bahan pozolan yang digunakan pada pembuatan beton mutu tinggi adalah memiliki kandungan silikat, aluminat dan ferrit dalam keadaan *amorf* yang cukup tinggi dan butirannya sangat halus, yaitu lolos saringan #200, sehingga akan mengisi rongga yang ada diantara butiran semen portland. Selain itu, pozolan memiliki kandungan silikat ( $\text{SiO}_2$ ), aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan ferrit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang tinggi, dan akan bereaksi dengan kapur mati  $\{\text{Ca}(\text{OH})_2\}$  yang lemah untuk membentuk *calcium silicate hydrate* (CSH) yang kuat. Bahan pozolan yang sudah ditemukan dan dipakai sampai saat ini antara lain : silica fume, abu terbang, abu sekam padi dan terak tanur tinggi. Di Indonesia, pozolan yang sering digunakan adalah *silica fume* dan abu terbang. *Silica fume* masih diimpor dan harganya relatif mahal, sehingga perlu dicari material lokal yang dapat digunakan sebagai pengganti pozolan yang masih diimpor.

Tanaman tebu banyak dijumpai di Indonesia sebagai bahan dasar untuk membuat gula. Pada proses pengolahan tebu menjadi gula sangat dimungkinkan adanya limbah. Limbah yang ditimbulkan oleh proses pengolahan tebu, pada mulanya berbentuk ampas yang kemudian digunakan untuk membakar tetes tebu. Sisa pembakaran yang berupa abu ampas tebu tidak digunakan secara khusus, melainkan hanya menjadi limbah yang digunakan sebagai bahan urugan. Abu ampas tebu, yang diambil langsung dari lokasi pembuangan, pada mulanya memiliki kandungan silikat rendah, yang perlu ditingkatkan dengan jalan menghilangkan

unsur-unsur lain yang tidak bermanfaat yang terkandung didalam abu tersebut sehingga kandungan silikat, aluminat dan ferritnya menjadi tinggi dan memenuhi syarat lainnya sebagai bahan tambah pada pembuatan beton mutu tinggi.

Teknologi pengolahan abu ampas tebu menjadi pozolan sudah dilakukan oleh : Wibowo (1998), Wibowo dan Hatmoko (2001), Wibowo dkk (2004) yang menghasilkan bahan yang memenuhi syarat sebagai pozolan, namun alat pembakar dan penghalus yang dibuat masih belum sempurna. Oleh sebab itu masih perlu dimodifikasi untuk menyempurnakannya dan mengaplikasikannya untuk membuat beton mutu tinggi, dengan jalan membuat perbandingan campuran bahan semen portland, pozolan dari abu ampas tebu, air, pasir dan kerikil yang memberikan kekuatan beton terbesar.

## 2. PERMASALAHAN

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang mencari jawaban dari masalah-masalah yang dihadapi dalam pembuatan pozolan dari abu ampas tebu guna membuat beton mutu tinggi, sehingga permasalahannya dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Modifikasi pada bagian apa saja dari alat pembakar yang diperlukan untuk meningkatkan kinerja alat yang ada ?
2. Pada temperatur berapa diperoleh pozolan dari abu ampas tebu yang efisien ?
3. Berapa perbandingan campuran yang diperlukan untuk membuat beton dengan kuat desak 42 Mpa ?
4. Berapa prosen penggantian semen portland dengan pozolan dari abu ampas tebu yang menghasilkan beton terbaik ?
5. Apakah penggantian sebagian semen portland dengan pozolan dari abu ampas tebu lebih baik dibandingkan dengan penggunaan silica fume ?

## 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menyempurnakan alat pembakar dalam skala laboratorium yang sudah dibuat pada penelitian tahun pertama, yang



digunakan untuk membakar abu ampas tebu.

2. Mengembangkan alat dalam skala laboratorium untuk menghaluskan abu ampas tebu yang telah dibakar menjadi pozolan dengan kehalusan partikel lolos saringan #200.
3. Mencari perbandingan campuran bahan semen portland, abu ampas tebu atau sika fume, air, pasir dan kerikil yang menghasilkan kekuatan beton terbaik, terutama kuat desaknya.

Penelitian ini bermanfaat untuk mengembangkan teknologi beton, yaitu ditemukannya bahan lokal sebagai alternatif pengganti sebagian semen portland. Bahan tersebut dapat dipakai sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen portland dalam pembuatan beton mutu tinggi. Disamping itu, pemanfaatan abu ampas tebu diharapkan secara langsung akan berpengaruh positif terhadap industri gula, dimana ampas tebu yang semula tidak memiliki nilai ekonomi menjadi bernilai ekonomi tinggi. Selain itu, pemanfaatan limbah berupa abu ampas tebu akan mengurangi pencemaran di lingkungan sekitar pabrik gula.

#### 4. TINJAUAN PUSTAKA

Pozolan merupakan bahan yang mengandung silikat ( $\text{SiO}_2$ ) dan aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yang tanpa atau dengan semen portland, akan membentuk senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat jika dicampur dengan air (*United States Departement of The Interior Bureau of Reclamation*, 1965). Pozolan dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu pozolan alam dan pozolan buatan. Pozolan alam terdiri dari abu vulkanik, *pumice*, tufa dan lain lain. Sedangkan pozolan buatan terdiri dari abu terbang pembakaran batu bara (*fly ash*), abu sekam padi, tras, semen merah, abu ampas tebu dan lain-lain.

Keogh(1981) telah mempatenkan produk berupa material pozolan yang berasal dari penghancuran, penghalusan dan penyaringan abu dari *sugar mill boiler*, dengan nomor paten US4249954. Klaimnya adalah abu ampas tebu tidak diproses, material organik yang tidak terbakar dibuang, dan penghalusan ukuran abu sampai luas permukaannya paling sedikit  $300\text{m}^2/\text{kg}$ .

Kusmara (1990) telah melakukan penelitian abu sekam padi yang digunakan untuk pembuatan genteng beton. Perbandingan campuran antara semen portland dan pasir yang dipakai adalah 1 : 2,5; 1 : 3,0; 1 : 3,5; dan 1 : 4,0, yang ditambah dengan abu sekam padi sebanyak 25%, 50% dan 75% dari volume semen. Kuat lentur, berat genteng, kerapatan dan harga merupakan besaran yang menentukan dalam pemilihan perbandingan campuran yang paling optimum. Dari hasil studinya, Kusmara menyimpulkan bahwa hasil optimum diperoleh untuk perbandingan campuran 1(semen) : 3,5(pasir) + 75% abu sekam padi. Kuat lentur yang diperoleh dari penelitiannya sebesar 89 kg, kerapatannya adalah 1,99 gr/cc, berat genteng sebesar 2,51 kg dan perkiraan harga genteng Rp. 105,-/biji pada tahun 1990.

Hidayat(1993) melakukan penelitian yang memanfaatkan abu terbang sebagai pozolan, dan melihat pengaruh penambahan abu terbang terhadap serangan kimia dari garam sulfat yang terdapat dipantai dan laut. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan abu terbang sebanyak 20% dari berat semen memberikan nilai tertinggi untuk benda uji yang diletakkan ditepi laut, dan pemakaian abu sebanyak 10% dari berat semen memberikan nilai tertinggi untuk benda uji yang direndam dalam air.

Penggunaan pozolan juga diteliti oleh peneliti yang lain. Masruri (1993) meneliti pembuatan semen pozolan yang merupakan campuran *fly ash* dengan kapur padam. Marzuki (1996) meneliti penggunaan *fly ash* dalam campuran beton yang digunakan untuk menurunkan panas hidrasi pada *mass concrete*.

Abu sekam padi yang didapat dengan mengatur secara sempurna pembakaran sekam padi akan mengandung silikat dalam bentuk *amorphous* yang sangat tinggi, yaitu sekitar 88,9% sampai 96,7%. Sedangkan kalau dibakar menggunakan oven standar akan dihasilkan abu dengan kandungan karbon tidak terbakar relatif besar, yaitu 23% (Dalhuisen dkk, 1996). Abu sekam padi cocok digunakan untuk membuat *lime-ASP cement*, *portland ASP blended cement*, semen tahan sulfat, dan mereduksi pengembangan beton karena reaksi alkali. Benda uji yang dibuat oleh Dalhusein dkk (1996) dengan kandungan semen portland 260 - 400  $\text{kg}/\text{m}^3$ , menghasilkan kuat desak 50 Mpa pada umur 7



hari, 70 Mpa pada umur 28 hari, dan 80 Mpa pada umur 180 hari.

Wibowo (1998) melakukan penelitian awal guna meningkatkan kandungan silikat pada abu ampas tebu dengan menggunakan cara pembakaran yang sangat sederhana. Abu ampas tebu diperoleh dari sisa pembakaran pada pabrik gula Madukismo Yogyakarta yang mempunyai kandungan silikat 16,305%. Setelah diproses ulang dengan dibakar pada temperatur 200°C selama 2 jam, diperoleh peningkatan kandungan silikatnya, yaitu menjadi 62,748%. Meskipun belum memenuhi syarat sebagai pozolan, tetapi penambahan abu ampas tebu yang telah diproses ulang sebanyak 20% berat semen portland berhasil meningkatkan kuat desak beton sebesar 27% dibandingkan dengan beton standar pada umur 90 hari. Studi lanjutan berupa pemanasan abu ampas tebu di dalam oven *Thermolyne* tipe FB 1300 selama 2 jam pada temperatur 200, 300, 400, 500, 600, 700, dan 800°C memperoleh kandungan silikat lebih dari 70%. Namun demikian, masih ada kandungan yang belum memenuhi syarat, seperti nilai habis pijarnya yang masih tinggi. Juga telah dilakukan pencampuran abu ampas tebu yang telah diproses ulang dengan material lain guna memperoleh kuat tekan beton yang cukup tinggi pada umur awal betonnya. Selain itu, terak yang ada di dalam limbah abu ampas tebu juga telah diteliti.

Wibowo dan Hatmoko (2001) membuat alat untuk membakar dan menghaluskan abu ampas tebu. Alat pembakarnya terbuat dari *stainless steel* yang dibakar menggunakan kompor gas elpiji bertekanan tinggi, dengan temperatur maksimum yang dicapai 800°C. Alat pembakar ini mempunyai kelemahan, antara lain pengaturan temperatur dilakukan secara manual, energi panasnya banyak yang terbuang, dan pipa *stainless steel*-nya mengalami perubahan bentuk, yaitu terjadi defleksi di tengah bentang, akibat panas sehingga produksi pozolan terhambat. Sedangkan alat penghalusnya masih mengalami kebocoran disekitar batang as pemutar, sehingga sebagian pozolan yang telah dihaluskan terbuang.

Wibowo dkk (2004) menyempurnakan alat pembakar agar energi panas tidak banyak yang terbuang dengan cara membuat silinder yang terdiri atas tiga lapis, yaitu silinder keramik

pada bagian dalam dan silinder *stainless steel* di bagian luar dan diantaranya diberi isolasi dari kapas tahan api. Pada penelitian tersebut berhasil meredam panas yang ditunjukkan oleh perbedaan suhu didalam dan diluar silinder. Sebagai contoh, pada saat suhu di bagian dalam silinder sebesar 865°C, suhu di silinder luar sebesar 190°C. Pada penelitian tersebut dihasilkan bahwa pada suhu 600°C diperoleh kandungan silikat, aluminat dan feronit terbesar.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan tersebut memperlihatkan bahwa pozolan merupakan material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada beton dan berhasil meningkatkan kekuatan betonnya.

## 5. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi lima tahap, yaitu

*Tahap pertama* adalah studi pustaka mengenai bahan pozolan dan kemungkinan peningkatan kandungan silikat, aluminat dan ferit yang berada didalam bahan dasar, serta pengurangan kandungan bahan-bahan yang tidak bermanfaat. Pada tahapan ini juga dilakukan desain penyempurnaan alat pembakar dan desain pembuatan alat penghalus. Tahapan ini dilakukan di perpustakaan dan laboratorium Universitas Gajah Mada dan Universitas Atma Jaya Yogyakarta, khususnya di PAU UGM dan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

*Tahap kedua* adalah penyempurnaan alat pembakar dan proses produksi pozolan yang belum dihaluskan. Penyempurnaan alat pembakar terutama pada desain kawat nikelin di dalam silinder dan perubahan rantai pemutar silinder. Produksi pozolan dilakukan pada temperatur 600°C, yang merupakan temperatur terbaik sesuai dengan hasil penelitian pada tahun pertama (Wibowo dkk, 2004).

*Tahap ketiga* adalah pembuatan alat penghalus yang terdiri dari corong, tabung, pisau pemotong, alat penangkap abu halus dan motor listrik. Idenya adalah pisau pemotong yang diputar oleh motor listrik akan memotong abu. Proses penghalusan pozolan dari abu ampas tebu dilakukan pada penelitian tahap kedua ini. Selain itu, pada tahap ini juga dibuat cetakan dari besi untuk membuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 7 cm dan tinggi 14 cm



sebanyak 42 buah, dan cetakan besi berbentuk balok dengan ukuran 6 cm x 7,5 cm x 30 cm sebanyak 40 buah.

Tahap keempat adalah pengujian material yang akan digunakan untuk membuat beton, yaitu semen portland, pozolan dari abu ampas tebu, sika fume, pasir dan kerikil. Semen portland yang digunakan adalah merek Nusantara tipe I dengan kemasan seberat 50 kgram. Pasir diambil dari penambangan sungai Krasak, Tempel, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kerikil berasal dari pemecahan batu di penambangan batu Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian sifat-sifat fisik bahan tersebut dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan Laboratorium Jalan Raya Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian sifat fisik pasir meliputi : *bulk specific gravity kering* (BSG<sub>dry</sub>), *bulk specific gravity* jenuh permukaan (BSG<sub>ssd</sub>), *dry rod unit weight* (DRUW), penyerapan, dan kelembaban. Pengujian sifat fisik kerikil sama dengan yang dilakukan pada pengujian pasir. Pengujian semen portland hanya dilakukan untuk mengetahui *bulk specific gravity kering* (BSG<sub>dry</sub>). Pengujian ulang terhadap komposisi kimiawi pozolan dari abu ampas tebu dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunung-Apian Yogyakarta.

Tahap kelima adalah pembuatan desain campuran beton, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji setelah berumur 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 90 hari. Desain campuran untuk beton mutu 42 Mpa menggunakan cara American Concrete Institute (Mass, 1977 dan Nawy, 1996). Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Uji kuat tekan dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 7 cm, tinggi 14cm untuk menghemat material. Demikian juga untuk uji kuat lentur, dibuat balok beton dengan ukuran lebar 6cm, tinggi 7,5 cm dan panjang 30 cm. Benda uji dibuat dengan menggunakan 2 jenis pozolan, yaitu abu ampas tebu dan sika fume sebagai pembanding. Variasi penggantian semen portland dengan pozolan dari abu ampas tebu dan sika fume adalah 0% untuk beton

normal, serta 5%, 10% dan 15% sebagaimana tampak pada tabel 1.

Benda uji untuk kuat desak yang berupa silinder, untuk masing-masing variasi umur pengujian dibuat sampel sebanyak 4 buah, sehingga jumlah beton berbentuk silinder yang dibuat sebanyak :  $7 \times 5 \times 4 \times 2 = 280$  buah. Benda uji kuat lentur yang berupa balok dengan ukuran : 6 cm x 7,5 cm x 30 cm juga dibuat dengan jumlah yang sama dengan silinder yaitu 280 buah. Setelah benda uji mencapai umur 7, 14, 28, 56 dan 90 hari dilakukan pengujian kuat

**Tabel 1.** Variasi penggantian semen portland dengan pozolan

No	Perbandingan Penggantian PC dengan Pozolan
1	100% Semen Portland (PC)
2	95% PC + 5% Pozolan dari Abu Ampas Tebu
3	90% PC + 10% Pozolan dari Abu Ampas Tebu
4	85% PC + 15% Pozolan dari Abu Ampas Tebu
5	95% PC + 5% Pozolan dari Sika Fume
6	90% PC + 10% Pozolan dari Sika Fume
7	85% PC + 15% Pozolan dari Sika Fume

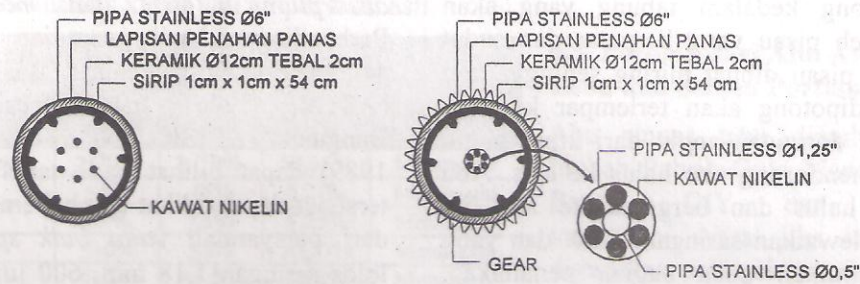
desak dan kuat lentur serta dilanjutkan dengan analisis data.

## 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 6.1. Alat Pembakar

Penyempurnaan pertama alat pembakar dilakukan pada pemutar silinder, dimana pada mulanya menggunakan rantai dan letaknya di bagian ujung silinder sehingga penggunaan pelumas boros, oleh karena itu lokasinya dipindah ke bagian tengah silinder dan menggunakan roda gigi sehingga pelumas yang diperlukan berkurang. Gambar 1 memperlihatkan perbandingan desain dan foto alat pembakar lama dan setelah dimodifikasi.





**Gambar 2.** Perbandingan antara desain lama dan desain modifikasi kawat nikelin

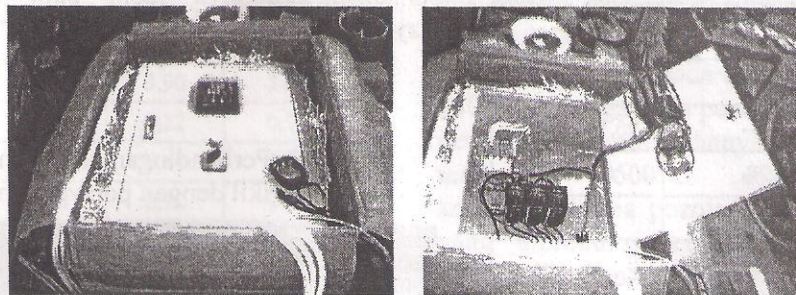
kawat nikelin menggunakan pipa *stainless steel* diameter 1,5 inci, sehingga kawat nikelin tidak kontak langsung dengan abu dan beban gumpalan abu didukung oleh pipa *stainless steel*. Gambar 2 memperlihatkan perbandingan antara desain lama dan desain modifikasi.

Pengontrol temperatur terdiri dari termokopel yang dimasukkan kedalam tabung pemanas dan *compact microprocessr controller* tipe B703030, merek JUMO buatan Jerman

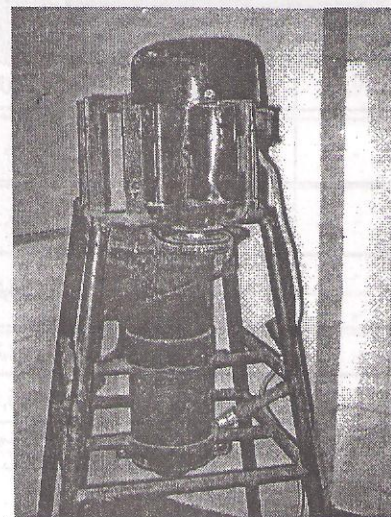
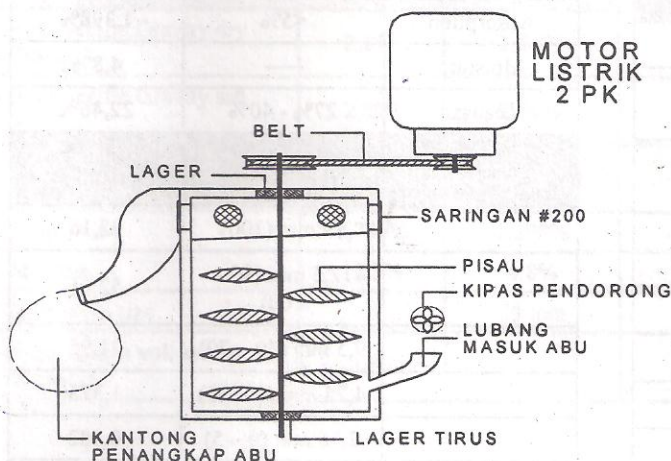
sebagaimana tampak pada gambar 3. Alat kontrol temperatur ini dapat digunakan untuk mengontrol suhu sampai dengan 1500°C.

## 6.2. Alat Penghalus

Alat ini terdiri dari corong, tabung, pisau pemotong, alat penangkap abu halus, dan motor listrik sebagai alat pemutar as. Proses kerja alat ini adalah : as yang diberi pisau pemotong diputar oleh motor listrik, abu dimasukkan



**Gambar 3.** *Compact microprocessr controller* JUMO tipe B703030



**Gambar 4.** Alat penghalus



melalui corong kedalam tabung yang akan terpotong oleh pisau yang berputar dan sudut pemasangan pisau dibuat miring sehingga abu yang telah dipotong akan terlempar ke atas, serta adanya dorongan angin dari kipas angin kecil akan mendorong abu halus ke atas. Abu yang telah halus dan bergerak ke atas ini kemudian dilewatkan saringan #200. dan yang lolos dikumpulkan pada bagian penangkap. Gambar 4 memperlihatkan desain dan foto alat penghalus.

### 6.3. Pasir

Pasir yang digunakan berasal dari penambangan di sungai Krasak, Tempel, Sleman D.I.Y, merupakan pasir alam dengan *bulk specific gravity* kering (BSG dry) 2,877, *bulk specific gravity* jenuh permukaan (BSG ssd) 2,899, *dry rod unit weight* (DRUW) 96,139 lb/ft<sup>3</sup>,

**Tabel 2.** Perbandingan persyaratan dengan hasil pengujian pasir

Keterangan	Syarat	Hasil Pengujian
BSG dry	2,5 – 2,7	2,877
BSG ssd	-----	2,899
DRUW	-----	96,139 lb/ft <sup>3</sup>
Absorption	<5%	0,746%
Moisture	-----	12,3%
Zat Organik	Tanpa warna s/d kuning muda	Kuning muda
Kandungan Lumpur	< 5%	1,1%
Gradasi Pasir	Ayakan (% Lolos)	Ayakan (% Lolos)
	9,5 mm (100)	100
	4,75 mm (95 – 100)	98,19
	2,36 mm (80 – 100)	95,51
	1,18 mm (50 – 85)	94,22
	600 µm (25 – 60)	82,82
	300 µm (10 – 30)	56,96
	150 µm (2 – 10)	5,35
Modulus Kehalusan	2,3 – 3,1	

*absorption* 0,746% dan *moisture* 12,3%. Perbandingan hasil pengujian dengan syarat aggregate halus menurut ASTM C 33-93 (ASTM, 1996), dan Spesifikasi Bahan Bangunan A, SK SNI S-04-1989-F (DPU, 1989) dapat dilihat pada tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dilihat ada beberapa pelanggaran dari persyaratan yaitu *bulk specific gravity*, lolos saringan 1,18 mm, 600 µm dan 300 µm, sedangkan syarat lainnya terpenuhi.

### 6.4. Kerikil

Kerikil yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, D.I.Y yang memiliki BSG dry 2,648, BSG ssd 2,685, DRUW 87,400 lb/ft<sup>3</sup>, absorption 1,389%, moisture 4,8% dan ukuran maksimum 19mm. Hasil pengujian dengan mesin Los Angeles diperoleh nilai keausannya adalah 22,36%. Perbandingan dengan persyaratan ASTM (1996) dan Spesifikasi Bahan Bangunan A (DPU, 1989), dapat dilihat pada tabel 3, yang memperlihatkan bahwa kerikil yang digunakan memenuhi syarat, bahkan keausannya lebih baik dari yang disyaratkan.

**Tabel 3.** Perbandingan hasil pengujian kerikil dengan persyaratan

Keterangan	Syarat	Hasil Pengujian
BSG dry	2,5 – 2,7	2,65
BSG ssd	-----	2,68
DRUW	-----	87,40 lb/ft <sup>3</sup>
Absorption	<5%	1,398%
Moisture	-----	4,8%
Keausan	27% - 40%	22,46%
Gradasi Kerikil	Ayakan (% Lolos)	Ayakan (% Lolos)
	19 mm (100)	98,16
	12,5 mm (90 – 100)	52,61
	9,5 mm (40 – 70)	21,95
	4,75 mm (0 – 15)	1,375
	2,36 mm (0 – 5)	0,482



Tabel 4. Hasil analisis kimia abu ampas tebu asli

No	Unsur Kimia	Syarat ASTM	Syarat SNI	Abu Ampas Tebu Asli	Keterangan
1	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\geq 70\%$	$\geq 70\%$	53,65%	Melanggar
2	$\text{SO}_3$	$\leq 4\%$	$\leq 5\%$	0,21%	Memenuhi
3	$\text{H}_2\text{O}$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	4,25%	Melanggar
4	Hilang Pijar	$\leq 10\%$	$\leq 6\%$	30,27%	Melanggar
5	$\text{Na}_2\text{O}$	$\leq 1,5\%$	$\leq 1,5\%$	0,38%	Memenuhi

Tabel 5. Hasil analisis kimia pozolan dari abu ampas tebu yang dibakar pada  $600^\circ\text{C}$

Unsur	Pengujian Sampel ke		Rerata
	I	II	
$\text{SiO}_2$	68,1	71,71	69.905
$\text{Al}_2\text{O}_3$	8,3	9,08	8,690
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,34	0,31	0,325
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	76,74	81,10	78.920
$\text{Na}_2\text{O}$	0,41	0,46	0,435
$\text{K}_2\text{O}$	3,42	3,90	3.660
$\text{H}_2\text{O}$	1,18	0,32	0,750
Hilang pijar	10,21	4,40	7,305
$\text{SO}_3$	0,26	0,10	0,180

### 6.5. Pozolan dari Abu Ampas Tebu dan Semen Portland

Abu ampas tebu diambil dari limbah Pabrik Gula Madukismo, Bantul, DIY dan belum memenuhi syarat jika langsung digunakan sebagai pozolan pada adukan beton, karena hilang pijarnya 30,27% jauh diatas persyaratan maksimal 6%, dan

total kandungan kimiawi  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 53,65\%$  masih dibawah persyaratan minimal sebesar 70% (ASTM,1996 dan DPU,1990). Hasil pengujian abu ampas tebu asli ini dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 memprlihatkan bahwa abu ampas tebu asli belum dapat secara langsung digunakan sebagai pozolan, karena belum memenuhi sayarat. Oleh sebab itu abu tersebut perlu diolah, yaitu dengan dibakar ulang. Hasil pengujian pada penelitian sebelumnya (Wibowo dkk, 2004) memperlihatkan bahwa kandungan unsur  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  maksimum sebesar 77,33% diperoleh pada temperatur pembakaran  $600^\circ\text{C}$ , sehingga pada penelitian tahun kedua ini pembakaran abu hanya dilakukan pada temperatur  $600^\circ\text{C}$ . Hasil pemeriksaan komposisi kimia pozolan dari abu ampas tebu yang diproduksi terdapat di tabel 5, yang memperlihatkan bahwa semua syarat telah

Tabel 6. Data Material Untuk Campuran Beton

Data Material	Pasir	Kerikil	PC	Pozolan dr abu ampas tebu	Sica Fume
Bulk Secific Gravity dry ( $\text{BSG}_{\text{dry}}$ )	2,877	2,6479	3,17	2,94	2,91
Bulk Secific Gravity ssd ( $\text{BSG}_{\text{ssd}}$ )	2,899	2,6849	-	-	-
Dry Rode Unit Weight (DRUW)	96,139 lb/ft <sup>3</sup>	87,399 lb/ft <sup>3</sup>	-	-	-
Absorpsion	0,746%	1,398%	-	-	-
Moisture	12,3%	4,8%	-	-	-
Maximum size	-	19 mm	-	-	-
Berat satuan vol. kering udara	1,59	-	-	-	-



dipenuhi dan pozolan ini digunakan untuk membuat beton uji.

Semen Portland yang digunakan adalah merek Nusantara tipe I dengan kemasan seberat 50 kg, yang berdasarkan pengamatan visual tampak kering dan tidak menggumpal, sehingga memenuhi syarat dipakai untuk adukan beton. Hasil pengujian diperoleh *bulk specific gravity* dalam keadaan kering (BSG dry) adalah 3,17.

Tabel 6 memperlihatkan data hasil pengujian material yang digunakan untuk membuat desain campuran beton.

#### 6.6. Desain Campuran Beton

Pada desain campuran beton ini, direncanakan memiliki kuat desak sebesar 42 Mpa (6000 psi) pada umur 28 hari. Dasar desain yang digunakan adalah ACI Committee 211.4R (Nawy, 1996), dengan data material berdasarkan data yang ada pada tabel 6. Ringkasan hasil desain campuran beton yang dipakai untuk membuat benda uji sebanyak 0,005 m<sup>3</sup> disajikan

pada tabel 7.

#### 6.7. Nilai Slump dan Lekatan Awal

Berdasarkan perbandingan campuran dari desain adukan beton, kemudian dibuat adukan beton dan hasil pengukuran nilai slump untuk masing-masing variasi dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan hasil nilai slump untuk beton normal sebesar 7,5 cm masih dalam interval nilai slump rencana sebesar 2 – 3 in (5,08 – 7,62 cm). Nilai slump beton normal lebih tinggi dari nilai slump jika sebagian dari semen portland diganti dengan abu ataupun sika fume. Semakin besar kadar abu nilai slumpnya akan menurun. Nilai ini menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan semen, abu ampas tebu memiliki kemampuan menyerap air lebih besar. Demikian juga dengan slump dari sika fume, yang semakin besar kadar sika fumenya, semakin kecil nilai slumpnya.

Pengujian waktu ikat awal dilakukan dengan alat *Vicat*, hasil pengujian dapat dilihat pada

Tabel 7. Kebutuhan material untuk pembuatan 0,005 m<sup>3</sup> beton

Variasi	PC (kg)	Abu (kg)	S F (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
Beton Normal	30,40	-	-	28,86	52,53	11,26
95% PC + 5% Abu	28,88	1,52	-	28,75	52,53	11,26
95% PC + 5% SF	28,88	-	1,52	28,73	52,53	11,26
90% PC + 10 % Abu	27,36	3,04	-	28,61	52,53	11,26
90% PC + 10% SF	27,36	-	3,04	28,58	52,53	11,26
85% PC + 15% Abu	25,84	4,56	-	28,49	52,53	11,26
85% PC + 15% SF	25,84	-	4,56	28,44	52,53	11,26

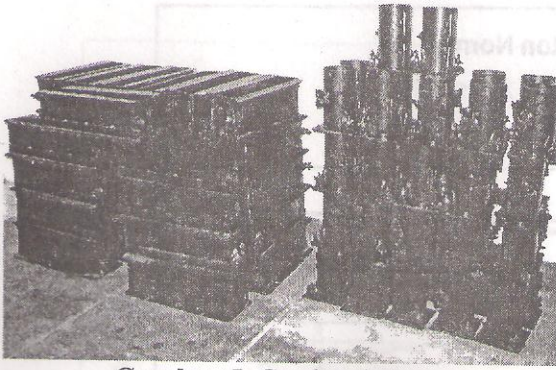
Tabel 8. Nilai slump adukan beton

No	Variasi	Nilai Slump (cm)
1	Beton Normal	7,5
2	95% PC + 5% Abu	3,05
3	90% PC + 10% Abu	2,75
4	85% PC + 15 % Abu	2,10
5	95% PC + 5% SF	3,10
6	90% PC + 10% SF	2,80
7	85% PC + 15% SF	2,20

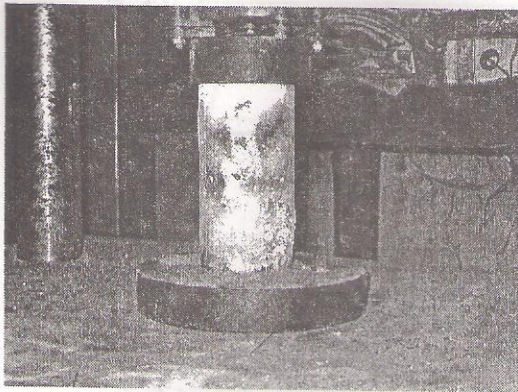
Tabel 9. Waktu ikat awal

No	Variasi	Waktu ikat (menit)
1	Beton Normal	60
2	95% PC + 5% Abu	95
3	95% PC + 10% Abu	100
4	90% PC + 15 % Abu	105
5	90% PC + 5% SF	80
6	85% PC + 10% SF	85
7	85% PC + 15% SF	90





Gambar 5. Cetakan beton



Gambar 6. Pengujian kuat desak silinder beton

tabel 9.

Waktu ikat awal berkaitan langsung dengan kemampuan menyerap air dan kemampuan terjadinya pengikatan awal dari adukan semen portland dan pozolan. Semakin lama waktu ikatan awal yang diperlukan oleh adukan beton, semakin kecil kemampuan bahan ikatnya untuk menyerap air dan semakin lama terjadinya proses pengerasan awal adukan betonnya. Hasil pada tabel 9 menunjukkan bahwa waktu ikat paling cepat adalah beton normal, diikuti oleh adukan dengan penggantian sebagian semen portland dengan sika fume, dan yang paling lambat adalah adukan dengan penggantian sebagian semen portland dengan pozolan dari abu ampas tebu. Hasil ini memprediksikan bahwa beton dengan pozolan dari abu ampas tebu akan memerlukan waktu paling lama untuk mencapai kuat desak maksimumnya.

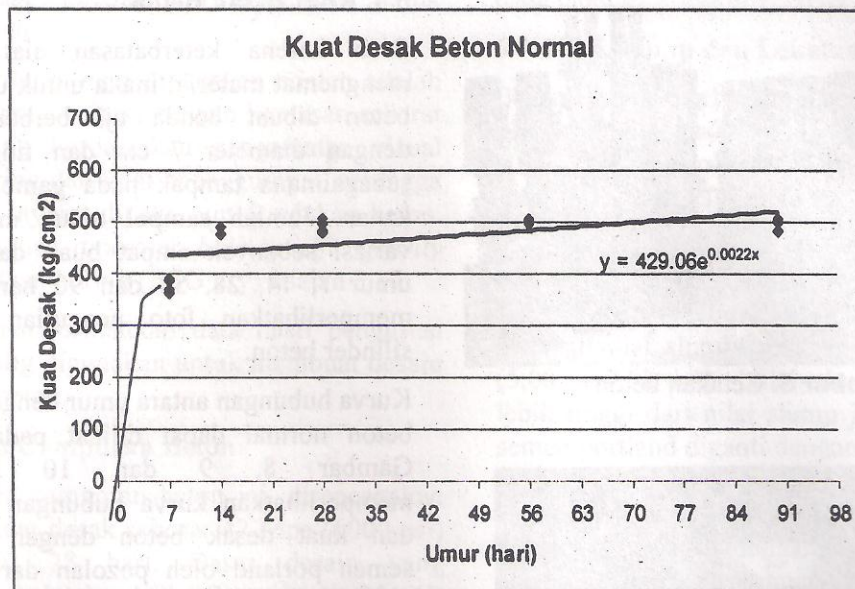
### 6.8. Kuat Desak Beton

Oleh karena keterbatasan alat dan untuk menghemat material maka untuk uji kuat desak beton dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 7 cm dan tinggi 14 cm sebagaimana tampak pada gambar 5 sebelah kanan. Jumlah sampel untuk masing-masing variasi sebanyak empat buah dan diuji pada umur 7, 14, 28, 56 dan 90 hari. Gambar 6 memperlihatkan foto pengujian kuat desak silinder beton.

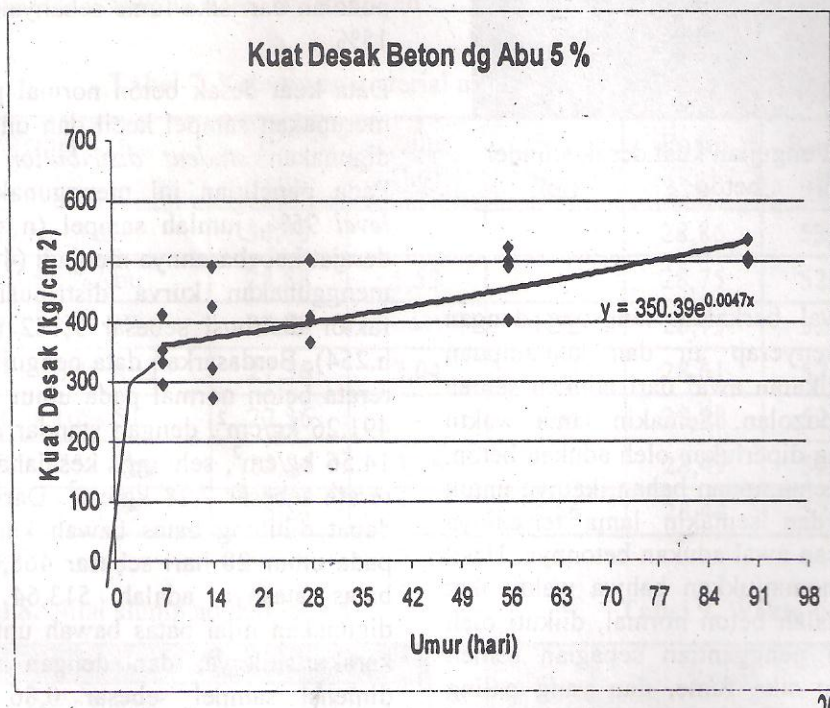
Kurva hubungan antara umur dengan kuat desak beton normal dapat dilihat pada gambar 7. Gambar 8, 9 dan 10 berturut-turut memperlihatkan kurva hubungan antara umur dan kuat desak beton dengan penggantian semen portland oleh pozolan dari abu ampas tebu sebanyak 5%, 10% dan 15%. Gambar 11, 12 dan 13 berturut-turut juga menyajikan kurva hubungan antara umur dan kuat desak beton dengan penggantian semen portland oleh pozolan dari sika fume sebanyak 5%, 10% dan 15%.

Data kuat desak beton normal pada gambar 7 merupakan sampel kecil dan untuk analisisnya digunakan *student distribution* (distribusi t). Pada penelitian ini menggunakan *confidence level* 95%, jumlah sampel ( $n = 4$ ), sehingga derajat kebebasannya menjadi  $(4-1) = 3$ . Dengan menggunakan kurva distribusi t, diperoleh faktor distribusi sebesar 3,182 (Freund, 1977, h.254). Berdasarkan data pengujian, kuat desak rerata beton normal pada umur 28 hari adalah  $491,26 \text{ kg/cm}^2$ , dengan standar deviasi sebesar  $14,56 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga kesalahan standar nilai rerata sebesar  $7,28 \text{ kg/cm}^2$ . Dari hasil tersebut dapat dihitung batas bawah kuat desak beton pada umur 28 hari sebesar  $468,09 \text{ kg/cm}^2$  dan batas atasnya adalah  $513,64 \text{ kg/cm}^2$ . Jika digunakan nilai batas bawah untuk kuat desak karakteristiknya, dan dengan faktor koreksi dimensi sampel sebesar 0,86 (Troxell dan Davis, 1956), yang digunakan untuk mengkonversi ke silinder ukuran standart yaitu diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, akan dihasilkan kuat desak karakteristik sebesar  $402,56 \text{ kg/cm}^2$ . Nilai ini lebih rendah dari kuat desak rencana sebesar  $420 \text{ kg/cm}^2$ , dengan perbedaan sebesar 4,15 %. Perbedaan yang cukup kecil, sehingga penggunaan distribusi-t relatif tepat. Meskipun demikian, penggunaan





Gambar 7. Kuat desak beton normal

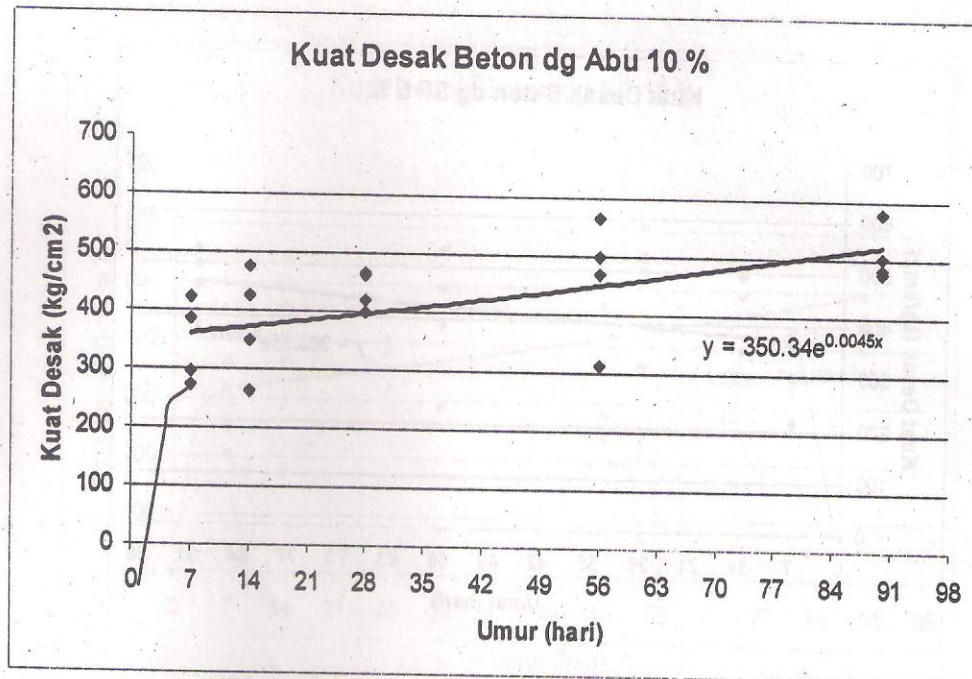


Gambar 8. Kuat desak beton dengan abu 5%

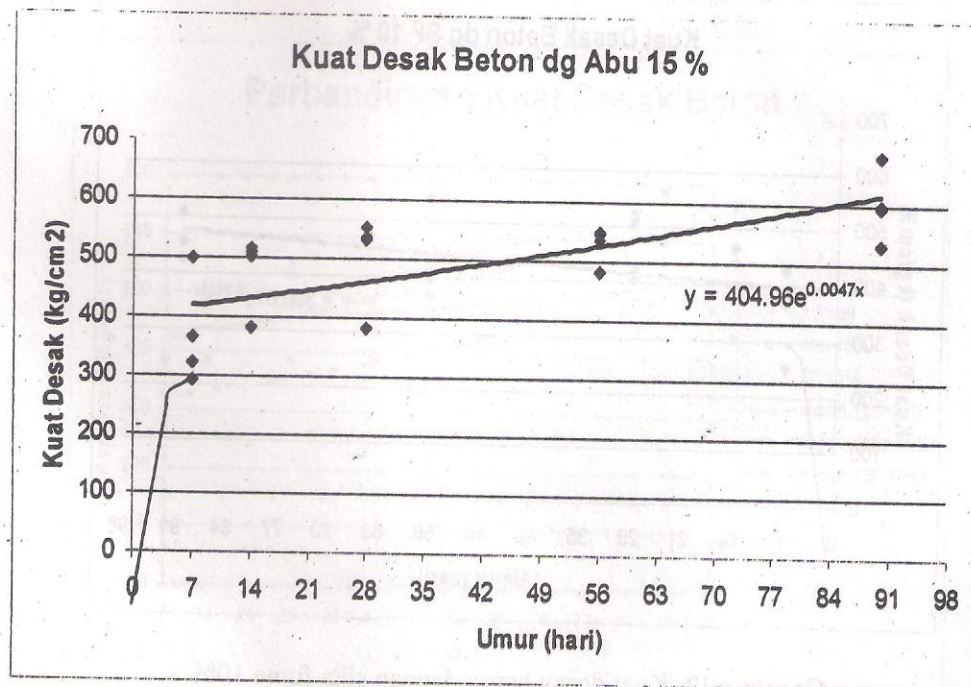
jumlah sampel yang lebih banyak masih diperlukan, karena akan memberikan hasil yang lebih valid. Pada umumnya untuk jumlah sampel yang sangat kecil kiranya akan relatif tepat jika digunakan harga reratanya saja, sehingga pada penelitian ini dihasilkan kuat

desak karakteristik beton normal setelah dikonversi ke silinder ukuran standart adalah 422,48 kg/cm<sup>2</sup>. Jika dibandingkan dengan kuat desak rencana sebesar 420 kg/cm<sup>2</sup> hasil ini relatif baik, dengan kata lain metode desain campuran ACI (Mass, 1977 dan Nawy, 1996)





Gambar 9. Kuat desak beton dengan abu 10%



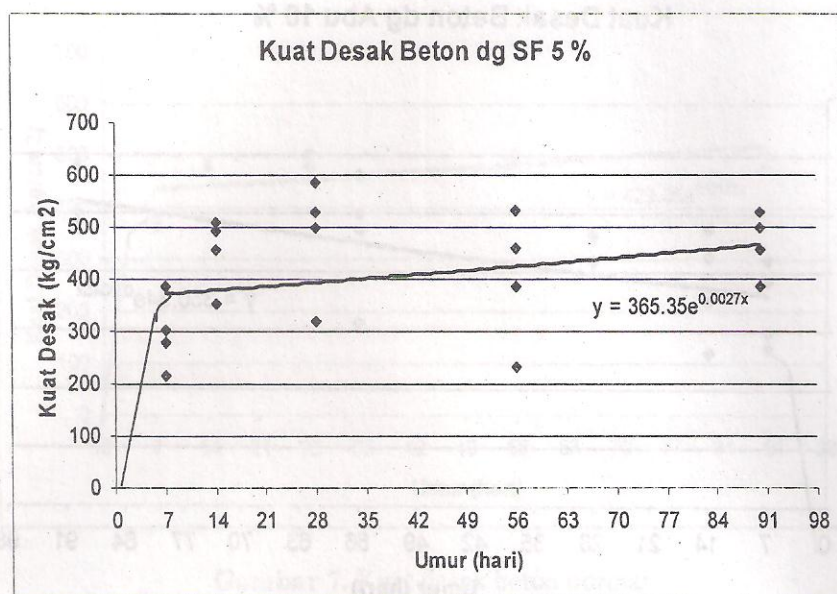
Gambar 10. Kuat desak beton dengan abu 15%

dapat dipakai untuk membuat rencana perbandingan campuran beton mutu tinggi.

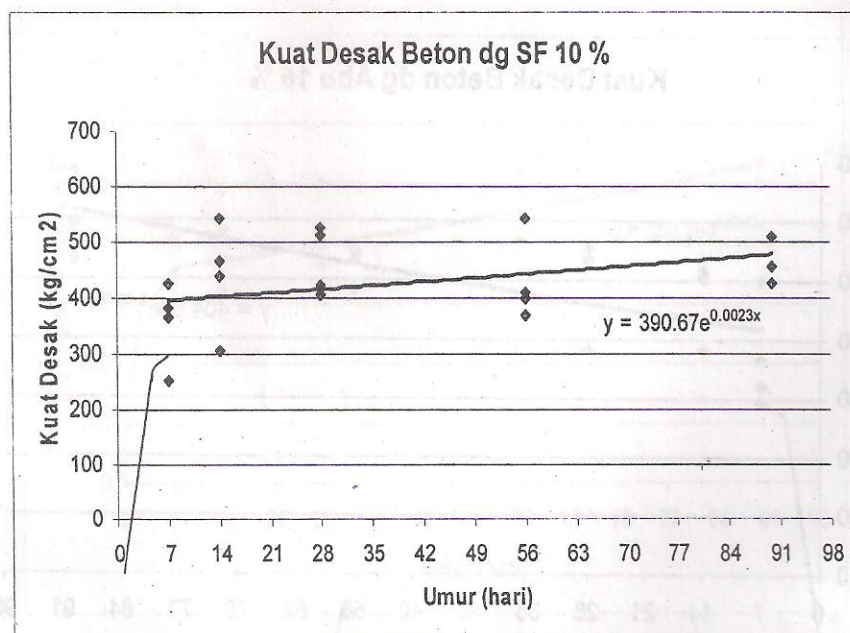
Gambar 7 sampai 13 memperlihatkan bahwa kuat desak beton normal pada umur 7 hari lebih tinggi dibandingkan variasi lain yang

menggunakan pozolan dari abu ampas tebu maupun sika fume. Hal ini sesuai dengan hasil test *Vicat*, dimana waktu ikat awal adukan beton normal paling cepat. Pada umur 14 hari kuat desak beton normal juga masih lebih tinggi





Gambar 11. Kuat desak beton dengan sika fume 5%

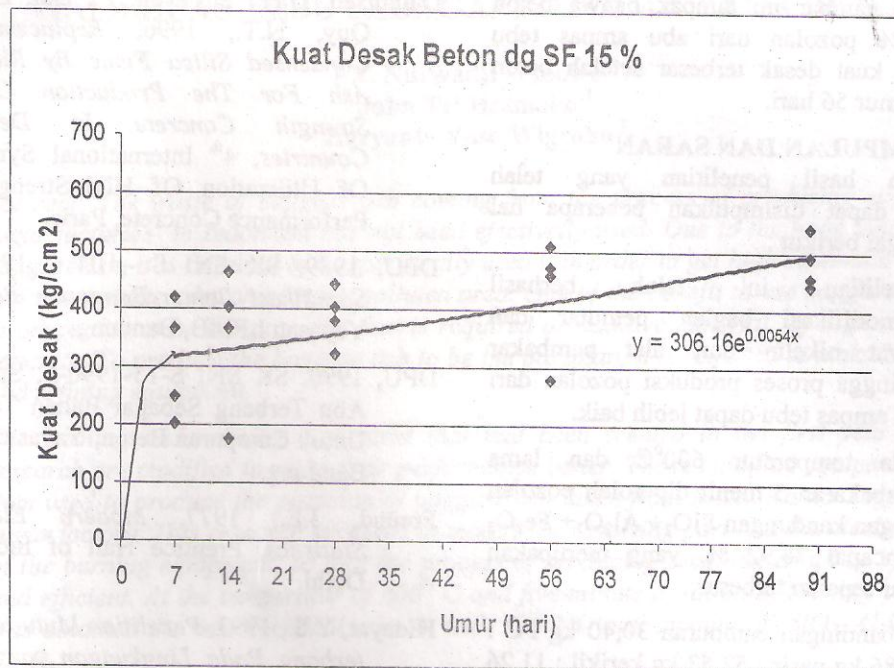


Gambar 12. Kuat desak beton dengan sika fume 10%

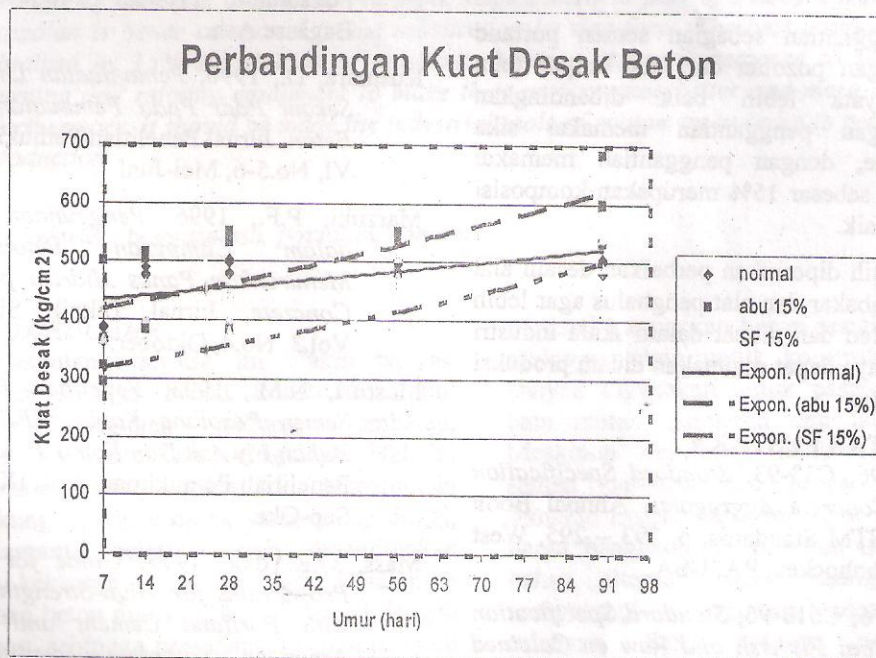
dibandingkan dengan yang lain, dan sampai umur 28 hari juga masih relatif paling tinggi, kecuali dibandingkan dengan variasi yang menggunakan penggantian 15 % semen portland dengan pozolan dari abu ampas tebu. Mulai umur 56 hari variasi yang menggunakan

pozolan abu dan sika fume mulai meningkat kuat desaknya, dengan kadar abu 15 % merupakan variasi yang terbaik. Meskipun demikian, penggunaan sika fume ternyata belum menunjukkan peningkatan terhadap kuat desak, bahkan ada yang kuat desaknya lebih





Gambar 13. Kuat desak beton dengan sika fume 15%



Gambar 14. Perbandingan kuat desak

rendah dibanding beton normal. Hal ini diluar kebiasaan penelitian yang pernah dilakukan, sehingga perlu dicari penyebabnya. Penggunaan pozolan dari abu memberikan hasil kuat desak

yang lebih baik dibandingkan pozolan dari sika fume.

Gambar 14 menunjukkan perbandingan antara kuat desak beton normal, beton dengan 15% abu ampas tebu dan beton dengan 15% sika



fume. Pada gambar ini tampak bahwa beton dengan 15% pozolan dari abu ampas tebu mempunyai kuat desak terbesar setelah beton mencapai umur 56 hari.

## VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal pokok sebagai berikut :

1. Penelitian ini telah berhasil memodifikasi bagian pemutar dan kawat nikelin dari alat pembakar sehingga proses produksi pozolan dari abu ampas tebu dapat lebih baik.
2. Pada temperatur 600°C dan lama pembakaran 5 menit diperoleh pozolan dengan kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  mencapai 78,92 %, yang merupakan nilai capaian terbesar.
3. Perbandingan campuran 30,40 kg PC : 28,86 kg pasir : 52,53 kg kerikil : 11,26 kg air untuk membuat 0,005 m<sup>3</sup> beton, yang didapat berdasar peraturan ACI, terbukti menghasilkan kuat desak beton sebesar 42 Mpa.
4. Penggantian sebagian semen portland dengan pozolan dari abu ampas tebu ternyata lebih baik dibandingkan dengan penggantian memakai sika fume, dengan penggantian memakai abu sebesar 15% merupakan komposisi terbaik.
5. Masih diperlukan perbaikan desain alat pembakar dan alat penghalus agar lebih efisien dan dibuat dalam skala industri supaya dapat digunakan dalam produksi nyata.

## VIII. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1996, C33-93, *Standard Specification for Concrete Aggregates*, Annual Book of ASTM Standards, p. 293 – 295, West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM, 1996, C618-96, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete*, Annual Book of ASTM Standards, p. 293 – 295, West Conshohocken, PA, USA.

Dalhuisen, D.H., Stroeve, P., Bui, D.D. dan Quay, N.T., 1996, *Replacement Of Condensed Silica Fume By Rice Husk Ash For The Production Of High Strength Concrete In Developing Countries*, 4<sup>th</sup> International Symposium Of Utilization Of High-Strength/High-Performance Concrete, Paris.

DPU, 1989, SK SNI S – 04 – 1989 – F, *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*, Yayasan LPMB, Bandung.

DPU, 1990, SK SNI S-15-1990-F, *Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan Untuk Campuran Beton*, Yayasan LPMB, Bandung.

Freund, J.E., 1977, *Modern Elementary Statistics*, Prentice Hall of India, New Delhi.

Hidayat, Y.S., 1993, *Penelitian Mutu Beton Abu terbang Pada Lingkungan yang Agresif (Pantai dan Laut)*, Jurnal Penelitian Pemukiman, Vol. IX, No.5-6, Mei-Juni.

Keogh, B.T., 1981, Paten nomor : US4249954, *Pozzolan Product Produced From Bagasse Ash*.

Kusmara, D., 1990, *Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Pada Pembuatan Genteng Beton*, Jurnal Penelitian Pemukiman, Vol. VI, No.5-6, Mei-Juni.

Marzuki, P.F., 1996, *Penggunaan Fly Ash dalam Campuran Beton untuk Menurunkan Panas Hidrasi pada Mass Concrete*, Jurnal Teknik Sipil, ITB, Vol.3, No.4, Oktober.

Masruri, N.M., 1993, *Penelitian Pembuatan Semen Pozolana Kapur (SPK) Dengan Bahan Fly Ash Dan Kapur Padam*, Jurnal Penelitian Pemukiman, Vol. IX, No.9-10, Sep-Okt.

Mass, G.R. dkk, 1977, *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash*, American Concrete Institute (ACI) Manual of Concrete Practice, Part 1, p.211.4R-1 – 13, Farmington Hills, USA.



Nawy, E.G., 1996, *Fundamentals of High Strength High Performance Concrete*, Longman Group Limited, England.

Troxell dan Davis, 1956, *Composition and Properties of Concrete*, McGraw Hill, New York.

United States Department Of The Interior Bureau Of Reclamation, 1965, *Concrete Manual*, Oxford & IBH Publishing CO, New Delhi.

Wibowo, F.X.N., 1998, Laporan Studi : Peningkatan Kandungan  $\text{SiO}_2$  Abu Ampas Tebu dan Efeknya pada Kuat Desak Beton, Fak. Teknik, UAJY.

Wibowo, F.X.N., dan Hatmoko, J.T., 2001, *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Beton Mutu Tinggi*, Laporan akhir penelitian Domestic Collaborative Research Grant, Kontrak no. 057/DCRG/URGE/2000.

Wibowo, F.X.N., Hatmoko, J.T. dan Wigroho, H.Y., 2004, *Pengembangan Alat Pengolah Limbah Abu Ampas Tebu Menjadi Pozolan*, Laporan Penelitian Hibah Pekerti Tahun Pertama.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada :

1. Direktorat Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat, DIKTI, yang telah mendanai penelitian Hibah Pekerti ini selama dua tahun, sesuai dengan kontrak no. 083/P4T/DPPM/HPTP.
2. Ir. R. Soekrisno, MSME, Ph.D. dan Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D. dari Universitas Gajah Mada Yogyakarta sebagai Tim Peneliti Mitra, dan yang telah berkenan membimbing dan membantu pelaksanaan penelitian.